REVISTA
CIENCIAS NATURALES
Facultad de Ciencias Naturales · Universidad Nacional de Salta

e-ISSN 2953-5441
Vol. 3(2): 72-93

ARTÍCULO ACADÉMICO

Historia de la Volcanología en Argentina

History of Volcanology in Argentina

José G. Viramonte[1,2,3*], Ricardo N. Alonso[4], Víctor A. Ramos[5], Raúl Becchio[2,3], Marcelo Arnosio[1,2,3], Walter Báez[1,2,3], Emilce Bustos[1,2,3], Agostina Chiodi[1,2,3], Alfonso Sola[1,2,3], Rubén Filipovich[1,2,3], Néstor Suzaño[1,2], Mirta Quiroga[1,2,3], Florencia Reckziegel[1,2], Lorenzo Bardelli[1,2], Natalia Salado Paz[1,2,3], Agustina Villagrán[1,2,3], Esteban Bertea[1,2], Macarena Parra[1,2], Olivia Arenas[1,2,3], Marcos Morfulis[1,2], Isaac Burgos[1,2], Facundo Apaza[1,2], Mercedes Cirer[1,2] & Santiago Retamoso[1,2]

1. Instituto de Geología del Noroeste Argentino (GEONORTE), Universidad Nacional de Salta, Av. Bolivia 5150, (A4408FVL) Salta, República Argentina. *joseviramonte@yahoo.com.ar;

2. Instituto de Bio y Geociencias del NOA, CONICET-Universidad Nacional de Salta, Av. 9 de julio 14, (4405) Rosario de Lerma, Salta, República Argentina.

3. Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Salta. Av. Bolivia 5150, (A4408FVL) Salta, República Argentina.

4. Centro de Investigaciones de la Geodinámica y Análisis del NOA (CEGA-CONICET) - Instituto Superior de Correlación Geológica (INSUGEO-CONICET), Universidad Nacional de Salta. Av. Bolivia 5150, (A4408FVL) Salta, República Argentina.

5. Instituto de Estudios Andinos "Don Pablo Groeber" (IDEAN), Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Buenos Aires, Intendente Guiraldes 2160, Ciudad de Universitaria, Pabellón II, (CI428EGA), Ciudad Autónoma de Buenos Aires. República Argentina.

RESUMEN

El trabajo presenta una breve historia sobre los orígenes de la volcanología a nivel mundial y latinoamericano, y de su desarrollo a lo largo del tiempo, para luego describir específicamente cómo ha sido ese proceso en la República Argentina. Se incluye una breve descripción del impacto de distintas erupciones volcánicas que afectaron en los últimos 100 años, así como la reacción de la población. Asimismo, se destaca el rol desempeñado tanto en instituciones nacionales e internacionales como de varios volcanólogos argentinos.

Palabras clave: Cadena Volcánica Andina; Erupciones Volcánicas; Riesgos volcánicos.

ABSTRACT

A brief chronicle on the origins of worlwide and Latin American volcanology is presented, its development through time, and a description of this process in Argentina. The impact of different volcanic eruptions that have affected the Argentine territory over the past 100 years and the response of the population to these phenomena are reported. The role of various Argentine volcanologists in national and international institutions is also highlighted.

Keywords: Andean Volcanic Chain; Volcanics Eruptions; Volcanic risks.

Arenas, O., Alonso, R. N., Apaza, F., Arnosio, M., Báez, W. A., Bardelli, L., Becchio, R., Bertea, E., Burgos, I., Bustos, E., Chiodi, A., Cirer, M., Filipovich, R., Morfulis, M., Parra, M., Quiroga, M., Ramos, V. A., Reckziegel, F., Retamoso, S., Salado Paz, N., Sola, A., Suzaño, N., Viramonte, J. G. & Villagrán, A. (2025). Historia de la Volcanología en Argentina. Revista Ciencias Naturales 3(2), 72-93. https://id.caicyt.gov.ar/ark:/s29535441/jd249c1bs

Recibido: 5/7/2025 Aceptado: 30/9/2025 Publicado: 8/10/2025 Editora: Teresita Ruíz

BY NC SA

INTRODUCCIÓN

Desde los propios orígenes de la humanidad, los volcanes han producido una fuerte influencia tanto en la vida, mitos y costumbres de distintas civilizaciones del mundo. Ello es debido, no solo a que es uno de los fenómenos geológicos más impactantes y espectaculares que ocurren en nuestro planeta, sino por los diversos efectos que producen en las comunidades, especialmente las más cercanas, que han condicionado fuertemente sus vidas. A ello se suma el hecho que el volcanismo activo, está muy presente en áreas donde surgieron civilizaciones tan importantes como la azteca, maya, incaica, griega, romana, hiita, japonesa, malaya, entre otras. Solo basta recordar la gran influencia de los volcanes Popocatépetl, Nevado de Toluca y el Pico de Orizaba en la vida de los Aztecas en México; el Volcán de Fuego, Pacaya y Acatenango en la vida de los Mayas en Guatemala; la gran erupción de la caldera de Santorini (1530/1500 a. de C.) en el mar Egeo (Grecia) que hizo desaparecer la cultura Minoica y surgir la leyenda de la Atlántida; la gran erupción del Vesubio del 79 descripta por Plinio el Joven, que destruyó Herculano y Pompeya; el continuado efecto de los 111 volcanes de Japón que han esculpido la vida, las costumbres y el propio carácter de los japoneses y muchos otros ejemplos, largos de enumerar.

Las erupciones volcánicas no solo tienen un efecto directo e inmediato sobre vidas y bienes de las personas, sino que, al introducir grandes cantidades de ceniza en la atmósfera, producen cambios climáticos muy importantes a nivel planetario a largo plazo. En la antigüedad produjeron grandes sequías, seguidas de hambrunas y hasta la caída de importantes imperios. Téngase en cuenta que la erupción del volcán Toba en las Filipinas, 75.000 años atrás, casi produce la extinción del Homo Sapiens. Este supervolcán (Self & Blake, 2008; Kappelman, *et al.*, 2024), ubicado en la isla de Sumatra en Indonesia, explotó y desprendió una masa de aproximadamente 2.800 km^3 que es al menos 12 veces mayor a la erupción volcánica más grande de la historia reciente.

La ciencia infiere que el evento desencadenó un invierno volcánico global que duró cerca de siete años y produjo una caída de las temperaturas de unos 3-3,5°C, que cambió el curso de la historia.

La Volcanología

La volcanología, como la mayor parte de las ciencias naturales, más allá del permanente deseo del conocimiento en sí mismo, está marcada por la ambición del hombre de conocer y controlar las fuerzas de la naturaleza, en este caso, los volcanes, para al menos, tratar de mitigar el efecto de sus erupciones. Más recientemente, se suma el interés por la energía geotérmica, en muchos casos, estrechamente ligada al volcanismo.

Debemos puntualizar aquí, que consideramos a la volcanología moderna, como la ciencia que estudia integralmente los volcanes: sus características, composición, estructuras, génesis, desarrollo, mecanismos eruptivos, efectos que producen sobre la población y sus bienes, el medio ambiente y el clima, la determinación de los peligros volcánicos y el riesgo geológico que involucran, así como también, el uso de la energía geotérmica. Es importante destacar que, en muchos casos, sobre todo hasta hace algunos años, se habían considerado como estudios volcanológicos, a trabajos sobre rocas volcánicas que en realidad eran estudios petrológicos, petrográficos, tectomagmáticos y otros.

a) Sus inicios

Al igual que la historia y desarrollo de otras ciencias, la volcanología tiene también tres etapas principales: 1) Etapa supersticiosa, en la que las creencias y los mitos religiosos dominan en gran medida el conocimiento; 2) Donde las primeras contribuciones científicas buscan reconciliar las observaciones y las creencias y 3) Conocimiento científico, que se inicia con Willian Hamilton en el siglo XVIII, se plasma con la teoría de la Deriva Continental de Alfred Wegener y se cristaliza con el desarrollo de la Tectónica de Placas, con la que comienzan a comprenderse y correlacionarse con mucha más claridad los

mecanismos, que no solo causan erupciones, sino también terremotos y otros fenómenos geológicos.

Vulcano en la mitología Greco-Romana es el Dios del Fuego y los volcanes, hijo de Júpiter y Juno, esposo de Venus e identificado con el Dios griego Hefesto. Según De Natura Deorum de Cicerón, existieron cuatro vulcanos: 1) hijo de Apolo y Minerva, 2) Opas nacido de Nilo, 3) descendiente de Júpiter y de Juno que tenía la fragua de Lemmos y 4) nacido de Memalio y que sometió las islas próximas a Sicilia (Vulcania). Etimológicamente lo más probable es que Vulcano derive de la lengua Latina y esté relacionado con el rayo (fulguere, fulgur, fulmen). También hay autores que lo derivan del cretense, irlandés y ruso. Dios del Fuego y de elaboración de los metales a Vulcano se le ofrendaban las armas tomadas a los enemigos en las batallas en la antigua Roma. Vulcano es el patrono de los oficios relacionados con los hornos, como los cocineros, panaderos y herreros. Virgilio y Plinio el Viejo narran y nombran a Vulcano como padre reconocido de Servio Tulio, uno de los reyes más admirados de Roma, mientras que Plinio el joven es considerado el primer "volcanólogo" debido a sus detalladas descripciones de la erupción del 79 del Vesubio que produjo la destrucción de la ciudad de Pompeya y Herculano y la muerte de su tío Plinio el Viejo. Uno de los templos más importante y antiguos en Roma, era el Volcanal, erigido en su honor y estaba localizado en la Colina Capitolina, una zona al aire libre en la comarca noroccidental del Foro Romano, donde había un altar en donde ardía permanentemente un fuego. Sin los productos del volcanismo, son inimaginables los monumentos, puentes y canales que caracterizan el imperio Romano, todos ellos realizados a base de la famosa "puzolana", una toba vítrea que mezclada con cal reaccionaba y formaba el "Cemento Romano", que posibilitó su construcción.

b) Volcanismo en las Américas

La conquista de Nicaragua comenzó solo 30 años después de que Cristóbal Colón llegara a América en 1492. En ese momento, los volcanes Masaya y Momotombo en la actual Nicaragua, estaban en erupción simultáneamente. Masaya, fue el primer lago de lava permanente observado por los europeos (Fig. 1), lo que produjo una fuerte impresión e interés en él. La descripción más famosa fue llevada a cabo por Blas del Castillo en 1538. Su odisea fue descrita detalladamente por Fernández de Oviedo y Valdez (1851), quien dedica numerosos capítulos de su gran libro, a dar cuenta de los diferentes incidentes (Viramonte & Incer-Barquero, 2008). Durante más de un siglo hubo una gran controversia sobre la naturaleza de este fenómeno. Algunos creían que era la "Boca del Infierno", mientras que otros veían con avidez en la lava, una fuente de oro o plata. Este hecho dio lugar a muchos intentos de demostrarlo. Viramonte & Incer Barquero (2008), describieron detalladamente los mitos aborígenes sobre

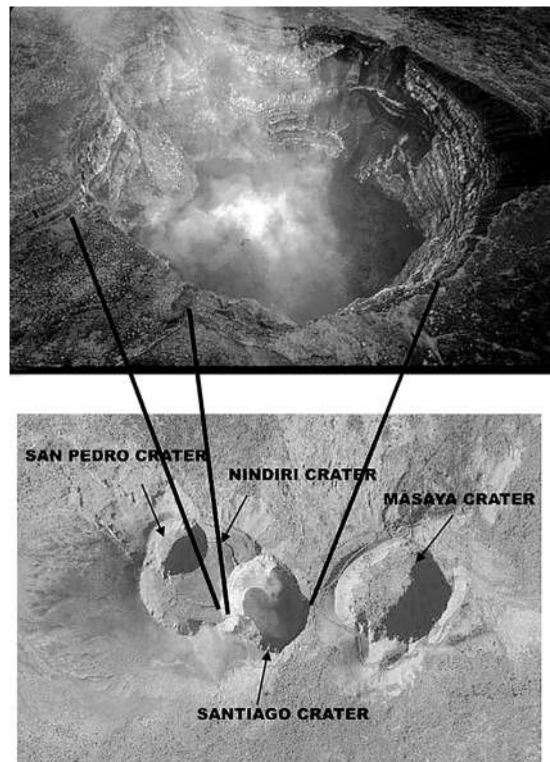


Figura 1. Complejo Volcánico Masaya, Nicaragua. Fotografía aérea de los cráteres Nindirí, Masaya, San Pedro y Santiago. (Foto inferior). Fotografía oblicua mostrando detalle de los cráteres Nindirí y Santiago. (Fotografía superior). Las líneas oblicuas marcan idénticos sitios en ambas fotos que evidencian que los cráteres Santiago y San Pedro no existían en el siglo XVI. Foto: J. Viramonte).

este volcán, así como las diferentes ideas y la evidencia aportada por los españoles para determinar si se trataba o no de la Boca del Infierno. Asimismo, en ese trabajo, se exponen las primeras descripciones geológicas, así como interesantes interpretaciones encontradas en las crónicas. También se narra el primer descenso a la boca del volcán para extraer muestras de ese "oro", una verdadera proeza para la época. A partir de estas descripciones, se propone una interpretación volcanológica que contribuye a la comprensión de la historia eruptiva y la evolución del complejo volcánico de Masaya, uno de los sistemas de cámaras magmáticas someras más grandes de Centroamérica.

El 19 de febrero de 1600 el volcán Huaynaputina (Romero, 2019), ubicado a 65 km de la ciudad de Moquegua en Perú, presentó una gran erupción de tipo Pliniana, la cual es considerada una de las cinco mayores erupciones volcánicas que han ocurrido en el planeta en los últimos 500 años. Esta erupción lamentablemente, provocó la desaparición de numerosos pueblos localizados en sus inmediaciones, así como una significativa disminución de los flujos de humedad provenientes del Atlántico Norte que afectan Sudamérica, lo que indujo un fuerte cambio en el clima, especialmente de Bolivia, Chile y norte de Argentina, produciendo bajas de temperaturas y sequías a nivel regional por un tiempo prolongado. Las consecuencias globales de dicha erupción llevaron a que el 1601, sea el año más frio de los últimos 600 años de acuerdo a estudios dendrocronológicos. Pinturas europeas de la época, muestran lagos helados que destacan esos periodos fríos. Las maderas de árboles que sufrieron el *stress* térmico de aquellos años, son las que sirvieron para la fabricación de los famosos violines Stradivarius. Se especula que esta erupción fue aún mayor que la del Krakatoa (de Silva & Zielinski, 1998) (Fig. 2). Periodos fríos a nivel global, se volvieron a repetir con la erupción del Tambora en 1815, que caracterizó a la década de 1810 como una de las más frías. La independencia argentina estuvo signada por esa época helada, como puede apreciarse en las vestimentas de las ilustraciones de la época. Todavía el planeta estaba viviendo la "*Little Ice Age*" (LIG), lo que alimentó el *feedback* negativo helado.



Figura 2. Una litografía de 1888 de la erupción del volcán Krakatoa ocurrida el 27 de agosto de 1883 (informe del Comité Krakatoa de la Royal Society, Londres, Trubner & Co., 1888).

Las erupciones volcánicas en los Andes de Sudamérica, fueron motivo de sacrificios de personas especialmente en la cultura Inca, denominadas como rituales Capaccocha. Se han detectado numerosos sacrificios de niños y niñas en distintos volcanes sudamericanos. Los más famosos son los del Misti, el volcán tutelar de la ciudad de Arequipa, que ha sido uno de los que más interés ha despertado. Hacia el año 1450 el volcán Misti entró en erupción y el emperador Inca Yupanki, realizó "rogativas para aplacar su ira". En el mundo Andino se creía que los dioses influenciaban los fenómenos naturales, como terremotos, erupciones volcánicas, inundaciones y sequías. Por eso se ofrendaban niños como mensajeros a los dioses para que todo volviera a la "normalidad". Estudios recientes han revelado que fueron ocho los niños sacrificados en el cráter del volcán Misti, en el mayor ritual inca de este tipo que se haya encontrado hasta la fecha. Otro gran hallazgo ha sido en el cráter del volcán Llullaillaco en la provincia de Salta, Argentina, donde se encontraron una doncella y dos niños extraordinariamente bien conservados (Ceruti, 2012).



Figura 3. Erupción del volcán Llaima Chile, de 1640 (Alonso de Ovalle, 1646).

La erupción del Llaima de 1640 fue única en la historia. En plena Guerra de Antuco, impactó tanto a mapuches como a españoles según Alonso de Ovalle (1646). La descripción realizada por este autor, es una de las primeras referencias a un volcán en erupción en la Cordillera de Chile (Fig. 3).

Gran influencia ha tenido los volcanes y otros fenómenos geológicos sobre los Mapuches. Particularmente ilustrativo es el mito referido al combate entre dos serpientes Trentrén and Kaikai, que representan el Océano y la Tierra. El primero continuamente tratando de cubrir la tierra y Kaikai, tratando de aflorar sobre el mar para salvar sus habitantes (Bastías *et al.*, 2021).

Asimismo, Guaman Poma de Ayala (1615), (1980), realiza en su obra una de las primeras menciones de erupciones volcánicas en América, ilustrando la caída de cenizas en las ciudades de Arica y Arequipa afectadas por la gran erupción del volcán Huanaputina del año 1600 (Fig. 4 y 5).

Es necesario también mencionar, la expedición mineralógica de los hermanos Heuland. El director del Real Gabinete de Historia Natural de Madrid don José Clavijo, convenció en 1793 a las autoridades, para comisionar a dos expertos en producciones naturales, los hermanos Conrado y Cristiano Heuland, alemanes de gran competencia en cuestiones de Mineralogía, discípulos de la famosa Escuela de Minas de Freiberg, fueron comisionados por el Rey, para escribir la "Historia Físico Mineralógica de aquellos Reynos" (Barreiro, 1929). Parten de Buenos Aires hacia Mendoza en 1795 y llegados a las primeras serranías de las Sierras Pampeanas de San Luis se suben a los cerros inmediatos. Es así que ascienden al volcán el Morro y de allí se sorprenden al ver "una alta corrida de cerros que se dirige al Norte, y qual se acabe declinando siempre en un llano a poca distancia, por la parte de acá del referido Morro, presentando montañas y montañuelas cónicas, tan regularmente formadas, que

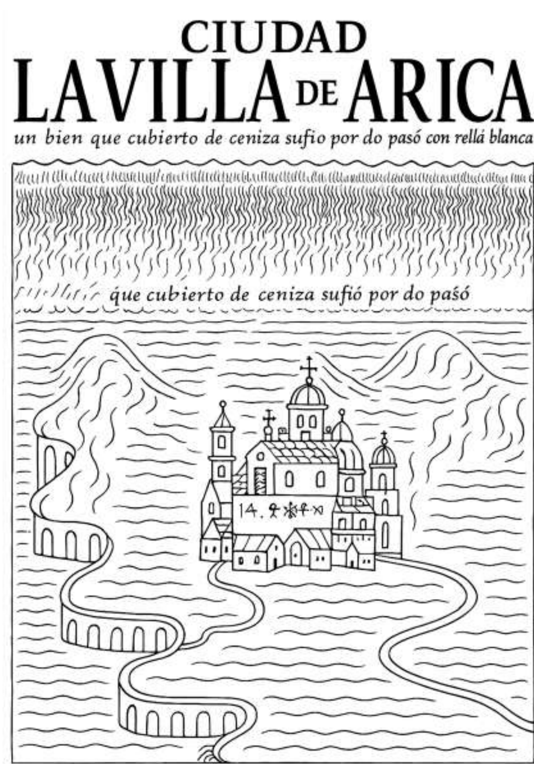


Figura 4. Caída de ceniza en Arica por la erupción del Huaynaputina 1600 (Guamán Poma de Ayala, 1615, 1980).

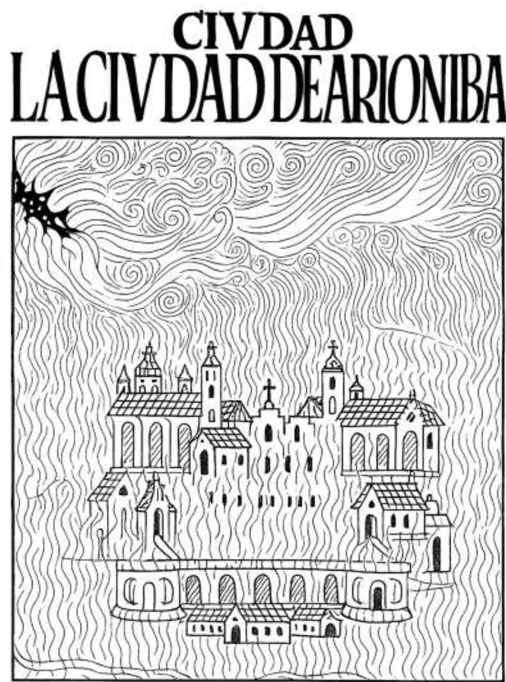


Figura 5. Caída de ceniza en Arequipa por la erupción del Huaynaputina 1600 (Guamán Poma de Ayala, 1615, 1980).

son bien apropósito para la curiosidad de un Naturalista”. Esta descripción parece coincidir con el alineamiento de volcanes neógenos que sobresalen en el paisaje de la Sierra de San Luis y son los primeros en reconocer esos volcanes y su lineación.

Por otro lado, es preciso tener en cuenta, las primeras observaciones sobre volcanes de los que en aquellos tiempos se denominaban “naturalistas”. Tadeo Haenke, científico checo, que llegó al Perú en 1790 con la expedición de Alejandro Malaspina, asciende al volcán Misti, constituyendo la primera ascensión de un profesional a un volcán en actividad en Sudamérica (El Misti Volcán Tutelar de Arequipa, EGASA; Ramos & Alonso, 2018).

Alejandro von Humboldt, el sabio prusiano que visitó el reino de la Nueva España entre 1799 y 1804, realizó diversas observaciones, con especial atención del fenómeno eruptivo acontecido en la noche del 29 de septiembre de 1759 en el volcán Jorullo, “remoto paraje de la Tierra Caliente de Michoacán” (Humboldt, 2003; Alonso Núñez & Marín Tello, 2009).

El volcán Antuco, de casi tres mil metros de altura, ubicado en la región del Bío Bío. Chile, hoy Parque Nacional Laguna de la Laja, es el protagonista de la escena. Cuatro visitantes huyen desesperados ante la imprevista erupción. Un plácido paseo se convirtió en un sálvese quien pueda (Fig. 6) (Gay, 1844-1871).



Figura 6. Volcán Antuco (Chile) en erupción (Gay, 1844-1871).

c) Nacimiento de la volcanología moderna

En 2024 se cumplieron 82 años del nacimiento del volcán Paricutín en México, que fue el primer volcán que la ciencia moderna vio nacer un 20 de febrero de 1943, crecer y poder estudiar durante nueve años, lo que constituyó un importante hito en la historia de la volcanología moderna (Fig. 7). Recordemos que el volcán surgió de repente en un campo arado, mientras su dueño, Dionisio Pulido, sembraba. Pintores como Gerardo Murillo (Dr. Atl, 1943), han inmortalizado con libros y pinturas ese fenómeno. Cientos de geólogos mexicanos y de todo el mundo visitaron y estudiaron este volcán, pero la presencia que más sobresale es la de Ezequiel Ordóñez, ingeniero y precursor de la volcanología en México. Lucero Morelos Rodríguez es la responsable del acervo del volcán Paricutín, protegido en el Archivo Histórico del Instituto de Geología (AHIG) y autora de la Reseña de" Infierno en el paraíso. Nacimiento y evolución del volcán El Jorullo" (Hurtado Torres, 2008; Morelos Rodríguez, 2009).

El geólogo Polaco-Francés Haroun Tazzieff, fue uno de los primeros que a mediados del siglo XX comenzó a estudiar y documentar sistemáticamente los volcanes activos, realizando mediciones directas en los volcanes, con instrumentación muchas veces por él desarrolladas. Puede considerarse que es uno de los geólogos que mayor impulso



Figura 7. Erupción del volcán Paricutín (Estefanía Cervantes, documento del Archivo Histórico del Instituto de Geología de México - AHIG).

le dio a la Volcanología. Es sumamente conocido por su serie de películas sobre volcanes activos, entre las que se cuentan "Les Rendes-vous du diable", "Le volcán Interdit", "Entre terre et ciel" y muchas más. Intentó sin éxito descender al lago de lava del Volcán Niragongo a los fines de extraer trozos de lava. El poeta y artista Jean Cocteau le llamó "el poeta del fuego".

Maurice y Katia Krafft fue un matrimonio que dedicaron su vida al estudio de los volcanes y que murieron por el efecto de un flujo piroclástico del volcán Unzen (Japón) en 1991, mientras estudiaban este volcán. Sus estudios, descripciones, libros y filmaciones de erupciones, entre las que se cuentan entre muchas otras¸ La Fournaise, volcan actif de l'île de la Réunion; Volcans, le réveil de la Terre; Dans l'antre du Diable volcans d'Afrique, Canaries et Réunion; Volcans et tremblements de terre; Volcans et dérives des continents, fueron pioneras y produjeron un importante avance en la volcanología mundial.

Como no podía ser de otra manera, especial mención debe realizarse a numerosos científicos italianos modernos, que desde el siglo XIX desarrollaron investigaciones y actividades volcanológicas principalmente orientadas a la disminución del riesgo volcánico de los cuantiosos volcanes allí existentes. Entre los más conocidos, se pueden citar entre numerosos otros, a Giuseppe Mercalli que fue un sismólogo, vulcanólogo y sacerdote italiano, creador de la escala sismológica que lleva su nombre. Mario Gemmellaro (1773-1839), vulcanólogo galardonado en 1829 con la medalla de oro de la Academia de Ciencias de Berlín, por haber demostrado que el Monte Etna es en realidad un conjunto de pequeños volcanes. Fue el que en 1804 hizo construir un refugio-observatorio denominado la Casa "degli Inglesi" o "Casa di Gemmellaro" que desde entonces permitió el control de dicho volcán. El profesor Gaetano Ponte aprovechando la erupción del 1923 obtiene fondos para construir el Primer Observatorio Volcanológico Universitario de Europa cuya sede se establece en Catania.

El Observatorio Vesubiano, fue fundado en 1841 y es el más antiguo del mundo en el campo de la vulcanología. Fue creado por orden del rey Fernando II de las Dos Sicilias. Su construcción empezó en 1841 y finalizó en 1845.

En 1926, el rico banquero Immanuel Friedländer fundó el Instituto de Vulcanología en Nápoles y Alfred Rittmann se convirtió en su primer director. Su trabajo se centró en el monte Vesubio y en la isla de Isquia. Esto dio lugar a su primera gran obra: "Evolución y diferenciación de los magmas del Soma y el Vesuvmagmas" (Rittmann, 1933).

Más recientemente numerosos volcanólogos entre muchos otros, tales como F, Barberi, C. Bonadonna, R. Cioni, A. Colombi, S. Corrado, A. Costa, L. Civetta, P. Gasparini, G. Giordano, R. Mazzuoli, F. Inoccentti, G. Orsi, M. Rosi, R. Santacroce, R. Sulpizio, desarrollan su actividad principalmente en distintas universidades como las de Pisa, Roma Tre, La Sapienza, Nápoles, Bari, Firenze, Federico II entre otras, así como en instituciones como el INGV que ha reunido últimamente todos los observatorios volcanológicos italianos (Vesubiano, Etneo y otros), el Departamento de Protección Civil y en diversas dependencias del CNR.

Clive Oppenheimer (2011) profesor del Departamento de Geografía de la Universidad de Cambridge, es un volcanólogo británico y profesor de volcanología en el departamento de esa universidad, que se ha especializado en el estudio de los volcanes de la Antártida. Este investigador ha sido uno de los primeros en utilizar las imágenes satelitales y facilidades aeroespaciales para los estudios volcanológicos y ha realizado numerosas contribuciones al conocimiento de los volcanes de los Andes. Asimismo, se ha convertido en un best seller internacional con sus libros de divulgación sobre volcanes y volcanismo (Oppenheimer, 2023).

En tiempos recientes vale la pena recordar algunas de las más importantes erupciones históricas tales como las del Laki, Islandia en

1783; Tambora, Indonesia en 1815; Krakatoa, Java-Sumatra, en 1883; Mont Pelé en el Caribe en 1902; Monte St. Helens, Estados Unidos en 1985; Nevado del Ruiz, Colombia, en 1985; Pinatubo, Filipinas en 1991, que en conjunto produjeron miles de muertos, grandes desastres muchas veces en lugares lejanos al propio volcán debido a la generación de tsunamis o flujos densos y cambios climáticos que modificaron radicalmente la vida de las comunidades afectadas.

La Volcanología en Argentina

Las características geológicas y geodinámicas de la Argentina hacen que los volcanes activos, estén localizados fundamentalmente en la Cordillera de los Andes. Mayoritariamente estos volcanes están situados en territorio chileno o en el límite internacional y muy pocos propiamente en territorio argentino. Como ya hemos referido en otras ocasiones, la situación de Argentina respecto a las erupciones volcánicas es curiosa, ya que en general los volcanes activos están en Chile, (o en Perú), pero por las características de los vientos dominantes en la región que soplan casi permanentemente del oeste hacia el este, los productos piroclásticos de sus erupciones mayoritariamente caen y afectan a la Argentina.

En Argentina, sin contar los volcanes de la Antártida, pueden contabilizarse 39 volcanes activos propiamente en territorio argentino y 120 entre Chile y Argentina, la mayoría de los cuales se distribuye en una cadena volcánica que arranca en Perú y que penetra por la Cordillera Occidental por Jujuy, Salta, Catamarca y La Rioja y tras una “zona de silencio volcánico” en la zona central de Argentina, reaparecen volcanes activos en el centro sur de Mendoza continuando por la Patagonia, hasta Tierra del Fuego.

En la Antártida, sin contar los Montes Erebus, Terror y las Islas Georgias y Sandwich del Sur, el volcanismo activo está localizado principalmente en las Islas Shetland del Sur. En la Isla Decepción se han desarrollado diversas erupciones en tiempos modernos, siendo las últimas en 1967, 1969 y 1970 (Viramonte *et al.*, 1974; Ortiz *et al.*, 1992; Aparicio *et al.*, 1997). Este volcanismo ha sido por largos años estudiado por el Instituto Antártico Argentino en cooperación con la Universidad Nacional de Salta y el CONICET (Programa Vulcantar), liderados por Néstor Fourcade (IAA) y José Viramonte (UNSa-CONICET), donde participaron numerosos geólogos entre los que se destacan Antonio Irazábal, Ricardo Omarini, Ricardo N. Alonso, Iván Petrinovic, Miguel Galliski, Corina Risso, Claudio Parica, Nilda Menegatti y otros. La relación entre José Viramonte y el grupo volcanológico español del Consejo Superior de Investigaciones Científicas de España (CSIC), dirigido originalmente por el Prof. Fuster Casas y continuado por Vicente Araña, fue motivo de una intensa colaboración con colegas de España (F. Anguita, R. Ortiz Ramis, A. Aparicio, J. Vila, R. Soto, etc.) que derivó finalmente en la construcción de la Base Antártica Española en Decepción. Asimismo, las relaciones previas con volcanólogos de la Universidad de Pisa, Italia, permitió una fuerte cooperación con investigadores italianos tales como R. Mazzuolli y F. Inoccentti.

Luego de algunos años de inactividad estos estudios afortunadamente han sido retomados por un grupo de investigadores de la Universidad de Buenos Aires liderados por Mariano Augusto y Pablo Forte.

Cronológicamente es necesario relatar que Falkner (1774), realiza una de las primeras observaciones sobre la caída de cenizas en la zona pampeana de Argentina, describiendo que el cielo se obscureció y que una lluvia de cenizas se depositó hasta más allá del Río de la Plata. Aclara correctamente que las cenizas son de origen volcánico diciendo “This was caused by the eruption of a volcano near Mendoza: the winds carryng the light ashes to the incredible distance of 300 leagues or more”. En su valioso mapa que acompaña este trabajo, ilustra el mismo con un volcán en actividad (Fig. 8).

Bodenbender (1889), quien en 1887 realizó una expedición a Neuquén, por encargo del Instituto Geográfico Argentino,

publica un detallado mapa con importantes observaciones geológicas, entre las cuales se destaca: haber conocido el volcán Copagüe (Sruoga, 2016; 2021).

Pablo Groeber en los años 1920 y 1921 (Groeber y Corti, 1920; Groeber y Perazzo, 1941), realiza uno de los estudios pioneros del volcán Copahue y de su sistema hidrotermal, haciendo ya notar la importancia del uso potencial de su energía geotérmica.

El 10 de abril de 1932 cercano a la frontera de Argentina con Chile en la zona patagónica, se produjo una gran erupción en el volcán Quizapu (Fig. 9), que es parte del Complejo Volcánico Cerro Azul-Descabezado Grande, ubicado en la provincia de Talca, Chile. La erupción fue uno de los mayores eventos volcánicos del siglo XX en esta región y tuvo carácter pliniano, arrojando entre 5 y 30 km^3 de cenizas, que por efecto de los vientos dominantes del oeste cubrieron gran parte de la región central de Argentina, llegando a la costa atlántica y afectando también a Uruguay y sur de Brasil.

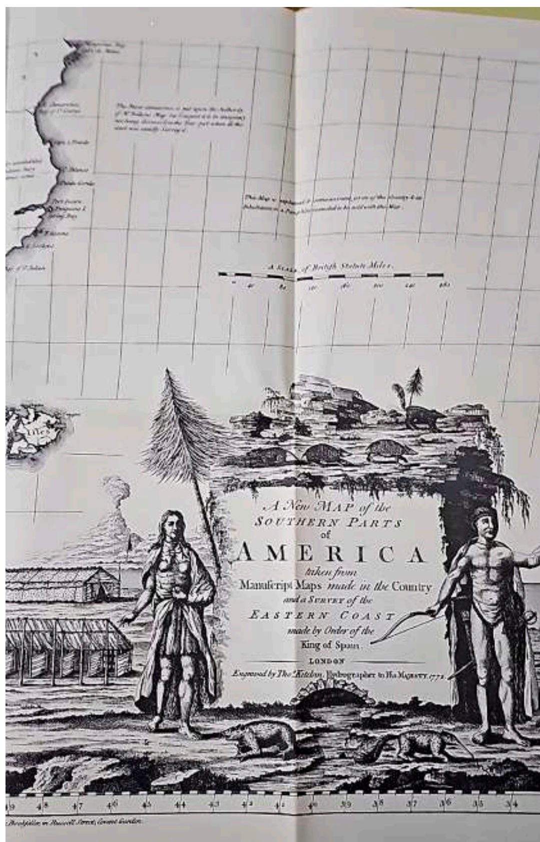


Figura 8. Caratula del Mapa de Falkner de 1774 mostrando un volcán en erupción.

La erupción del volcán Quizapu, puede ser considerada como la piedra fundamental en el desarrollo de la volcanología moderna en Argentina. Las descripciones realizadas por Kittl (1933; 1944) de esta erupción, poseen el enorme valor de haber inaugurado la investigación volcanológica en la Argentina, sobre la base del estudio sistemático de los volcanes y sus productos, con el fin de establecer sus características y evaluar su peligrosidad y riesgo (Sruoga, 2016).

Los efectos climáticos y el impacto en las regiones proximales en el sur de Mendoza, particularmente en el Departamento de Malargüe, así como en provincia de La Pampa fueron muy significativos. En la zona pampeana de Argentina es posible hoy, en muchas localidades, reconocer el depósito tobaceo que generó. Crónicas de la época refieren que muchas personas creyeron era el "fin del mundo". En ciudades tan distantes como Salta, el conocido Cerro San Bernardo que preside la ciudad, apareció cubierto de cenizas. (Fuenzalida, 1941; Perdiguero, 1984; Hildreth & Drake, 1992; Zanardi, 1992; González Ferrán, 1995; Maksimov, 2008; Tilling, 2009).

Casi simultáneamente Keidel (1934), realiza estudios sobre los volcanes gemelos de La Poma en el extremo norte del Valle Calchaquí en Salta, en donde realiza consideraciones de las relaciones entre volcanismo y tectonismo así como sobre la edad de dichos volcanes.

Groeber (1938), publica una corta pero apretada síntesis sobre La Payunia donde describe las distintas unidades volcánicas de la misma.

Más modernamente no hay que olvidar a C. R. Vilela y J. C. Turner, entre otros, quienes en la década del 1960 realizaron diversas hojas geológicas que abarcan el volcanismo de la Puna.



Figura 9. General Pico, 1932. Ceniza Volcánica. Erupción del volcán Quitzapu. Colección Filippini.

Peter Francis (Francis *et al.*, 1983), es el primero en reconocer la Caldera del Cerro Galán como una de las fuentes de los enormes mantos de ignimbritas que cubren extensas zonas del Altiplano-Puna, originadas en numerosas calderas allí existentes. Posteriormente varios trabajos (de Silva, 1989; de Silva *et al.*, 2006; Allmendinger *et al.*, 1997; Coira *et al.*, 1993; Gardeweg &Ramirez, 1987, Guest, 1969 y trabajos allí citados) han permitido constatar este fenómeno, proponiéndose la existencia del denominado APVC (Altiplano Puna Volcanic Complex) (De Silva, 1989) que cubre más de 50.000 km^2 con espesos mantos de ignimbritas. Una de las más recientes ocurrida hace solo 4200 años (Viramonte *et al.*, 2005; Báez *et al.*, 2020) es la generada en la Caldera del Cerro Blanco que dispersó cenizas en gran parte del noroeste argentino las que llegaron hasta la provincia de Santiago del Estero con depósitos de tefras.

A lo largo de los últimos 100 años, han ocurrido múltiples erupciones volcánicas que han afectado al territorio argentino (Quizapu, 1932; Hudson, 1991; Láscar, 1993 (Fig. 10); Llaima, 2007; Chaitén, 2008; Planchón-Peteroa, 1991, 2011 y 2018-2019; Cordón Caulle, 2011, 2015; Copahue, 2012; Calbuco, 2015), algunas de las cuales se muestran en la Fig. 11 y que han sido objeto de numerosos estudios por distintos grupos de investigadores que se han ido conformando en distintas instituciones y universidades del país (Wes & Drake, 1992; Viramonte *et al.*, 1994; Déruelle *et al.*, 1995; 1996; Aguilera *et al.*, 2006 a y b; Folch *et al.*, 2008; Viramonte, 2013; Durant *et al.*, 2012; Collini *et al.*, 2013; Osores *et al.*, 2013; Caselli *et al.*, 2013), entre muchos otros.

En este punto, es necesario referir la existencia de distintos grupos que realizan investigaciones volcanológicas que se han ido constituyendo a lo largo de los últimos años. En Puerto Madryn provincia de Chubut, el CENPAT (Centro Nacional Patagónico) liderados por M. Haller, recientemente fallecido, especialmente dedicados al estudio de estructuras, conductos, cráteres volcánicos, mares y evolución del paisaje volcánico, principalmente de la región patagónica. Han colaborado con George P.L. Walker, renombrado volcanólogo británico y con Abel H. Pesce, José E. Mendía, Héctor A. Ostera, Andrés Folguera, Marco Gardini. Asimismo, en conjunto con José A. Naranjo han realizado estudios en el volcán Peteroa, de donde surgió un boletín binacional con el mapa de riesgo



Figura 10. Flujo piroclástico del volcán Láscar. Explosión del 19 de abril de 1993. Foto Jaques Guarinos.

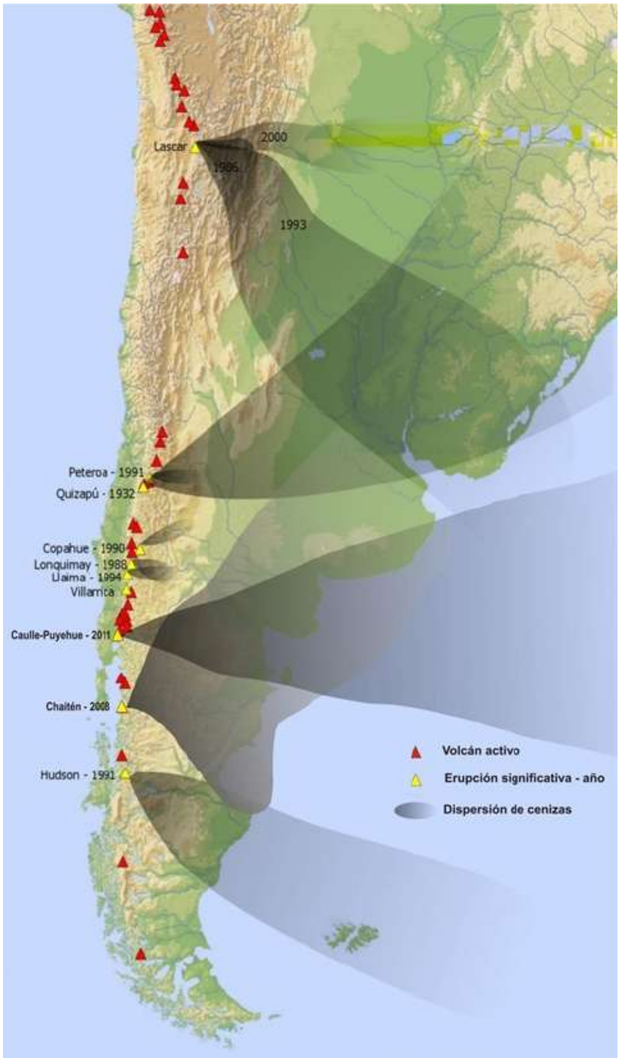


Figura 11. Áreas de dispersión de cenizas de algunas erupciones recientes que han afectado Argentina (Viramonte *et al.*, 2001).

volcánico de dicho volcán, lo que sería el primer mapa de riesgo volcánico de Argentina.

En la sede Bariloche de la Universidad Nacional del Comahue, el GEA (Grupo de Estudios Ambientales) del Instituto Andino Patagónico de Tecnologías Biológicas y Geoambientales (IPATEC) que dirigía el Dr. Arturo Amos, incorpora en 1999 a Gustavo Villarosa quien inicia en colaboración con la Lic. Valeria Outes los primeros estudios en Tefrocronología en la región del Lago Nahuel Huapi. El grupo ha crecido y se ha consolidado y en el actualmente desarrollan sus investigaciones numerosas científicos tales como I. Vergara, D. Beigt, E. López, J. Cottet así como becarios doctorales y posdoctorales como Pablo Salgado, Nahuel Losano entre otros. El GEA ha generado valiosos productos para la gestión de riesgos volcánicos en la Patagonia (modelado de lahares secundarios, análisis de impactos de la caída de tefra sobre infraestructuras y sectores productivos, impactos sobre los sistemas naturales, riesgos de avalanchas en contexto de caídas de tefra), que permiten mitigar los riesgos volcánicos de la región.

Luego de la creación de la Universidad Nacional de Rio Negro en el año 2008 y posterior apertura de la carrera de Licenciatura en Geología en el año 2010, el Dr. A. Caselli se trasladó a esta casa de estudios dinamizando la creación del Laboratorio de Estudio y Seguimiento de Volcanes Activos (LESVA) en el año 2016. Actualmente en ese laboratorio trabajan I. Fernández Melchor y A. Báez becarios posdoctorales y cuatro becarios doctorales, S. Pereira Da Silva, E. Martínez, R. Sale y G. Guerendiain. El LESVA realiza investigaciones volcanológicas de diferente índole (volcanología física, geofísica, geoquímica, etc.) en numerosos centros volcánicos, sobresaliendo sus aportes relacionados a la actividad pasada y actual del volcán Copahue en la provincia de Neuquén.

Adriana Bermudez (CONICET) y Daniel del Pino (Universidad del Comahue) han desarrolado también diferentes trabajos volcanológicos especialmente referidos al volcán Puyehue.

En Malargüe el ICES (Centro Internacional de Ciencias de la Tierra, Comisión Nacional de Energía Atómica - Universidad Nacional de Cuyo. Argentina), diferentes geólogos han desarrollado distintas actividades volcanológicas, especialmente referidas al volcán Peteroa, la divulgación de diferentes estudios, así como la realización del Encuentro Internacional de Ciencias de la Tierra que lleva actualmente 19 ediciones realizadas. Asimismo, en el Centro Atómico Bariloche, también perteneciente a la Comisión Nacional de Energía Atómica, se avanza, desde hace más de dos décadas, en el estudio de tefras en testigos de lagos de Patagonia Norte, aprovechando facilidades geoquímicas como herramienta de correlación, en el Laboratorio de Análisis por Activación Neutrónica. Durante estos años se formaron múltiples tesistas de grado y se han desarrollado tesis doctorales en diferentes universidades de Argentina aplicando tefrocronología y volcanología física en depósitos recientes y antiguos, como los trabajos de Romina Daga, Walter Alfonzo, Gastón Goldmann y Santiago Retamoso.

En 1980 fue creado El Centro de Investigaciones Geológicas (CIG) por la Universidad Nacional de La Plata mediante un convenio de cooperación entre la UNLP, el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) y la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC-PBA). En el CIG se desarrollan tareas de investigación volcanológica física y geoquímica principalmente en campos volcánicos de los Andes norpatagónicos así como en secuencias volcano-sedimentarias desde el Paleozoico hasta la actualidad.

Los investigadores fundadores del CIG fueron Carlos A. Cingolani, Luís H. Dalla Salda, Verónica Gómez de Posadas, Adrián M. Iñiguez, Mario M. Mazzoni, Julio C. Merodio, Carlos W. Rapela, Osvaldo C. Schauer, Luís A. Spalletti, Ricardo Varela, Norma Brogioni, César Cortelezzi, Alfredo Cuerda, Lihebe Herrera, Jorge O. Kilmurray, Amalia M. Leguizamón y Mario E. Teruggi.

Mario Teruggi si bien se dedicó especialmente a la Sedimentologia y responsable de lo que es hoy la principal escuela sedimentológica argentina, fue asimismo el creador de los estudios petroló-gicos en la Facultad de Ciencias Naturales, tanto en rocas de basamento cristalino como en volcánicas. "Las rocas eruptivas al microscopio su sistemática y su nomenclatura" (1951) y el "Léxico Sedimentológico" (1963) que escribiera conjuntamente con Félix González Bonorino y que constituyen piezas fundamentales en los estudios de las rocas volcánicas en Argentina. Al momento de su jubilación fue reemplazado por otro gran investigador volcanológico, Eduardo Llambias, un notable volcanólogo que desarrolló su tesis doctoral sobre el Payun Matru, quien fue profesor en la Universidad de Buenos Aires, numerosos años en la Universidad Nacional del Sur de Bahía Blanca, profesor visitante en distintas universidades argentinas y finalmente profesor en la Universidad Nacional de La Plata donde se jubiló. A este investigador debemos la notable obra "Volcanes. Nacimiento, Estructura, Dinámica" (Llambias, 2009).

En este mismo centro desarrolló su actividad Mario Mazzoni (1986); Teruggi *et al.* (1978), quien se especializó en la temática del volcanismo y sus depósitos asociados, desarrollando el tema "Sedimentología de rocas piroclásticas cenozoicas", en el Departamento de Ciencias Geológicas de la Universidad de California, Santa Bárbara (U.S.A.), junto al Dr. Richard V. Fisher. Sin duda **é**l y su grupo de trabajo ha constituido un pilar muy importante en el desarrollo de la Volcanología en Argentina.

Asimismo, Gabriela Badi de la Facultad de Astronomía y Geofísica de la Universidad Nacional de La Plata, desarrolla una importante actividad fundamentalmente referida al tremor y sismos locales relacionados a la actividad volcánica.

En la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA aparte de los destacados profesores como F. Gonzalez Bonorino, que publica entre otros, "Principios de Óptica Mineral" (1954)", "Léxico Sedimentológico" (1956), "Instrucciones para el uso de la Platina Universal" (1957) e "Introducción a la Geoquímica" (1972) y numerosas hojas geológicas que, si bien no son obras de volcanología, han contribuido fuertemente al desarrollo de la misma. Una de las primeras geólogas de esta universidad que trabajó especialmente con rocas volcánicas, fue Magdalena Koukharsky, realizando estudios principalmente en el NOA, seguidas por Corina Risso que trabajó en el volcanismo Cretácico del NOA, luego en Antártida en la Isla Decepción y en Payunia. Fue creadora en 1993 del Observatorio Volcanológico Decepción, primer observatorio volcanológico argentino reconocido por la WOVO (Directory of Volcano Observatories 1993-1994).

Asimismo, hay que destacar la labor de Marcela Remesal, Flavia Salani y Alicia Faveto, por sus numerosos trabajos principalmente en el macizo de Somuncur**á**.

Más recientemente dentro del Departamento de Geología se crea el Grupo de Estudios y Seguimiento de Volcanes Activos (GESVA) donde trabajó originalmente A. Caselli y hoy desarrollan sus actividades Mariano Agusto, Laura Velez, Clara Lamberti, Pablo Forte, entre otros estudiando principalmente los volcanes Copahue y Peteroa.

En estrecha asociación con esta Facultad y en asociación con el CONICET hay que mencionar al Instituto de Geocronología y Geología Isotópica (INGEIS), fundado por el Dr. E. Linares el 23 de mayo de 1969, el que, al permitir autónomamente la datación geocronológica de las rocas, ha sido un hito fundamental para el desarrollo de la volcanología en Argentina. Los objetivos principales son la realización y promoción de investigaciones en las áreas de Geocronología, Geología Isotópica, Hidrología Isotópica, Petrología y Sedimentología, Geoquímica, Geoeléctrica y Magnetotelúrica, Medio-ambiente, Agroambiente, Biogeoquímica y Arqueología Isotópica, ctualmente desarrollan sus actividades H.O. Panarello, M. Do Campo y muchos otros.

En la Universidad de Córdoba, aparte de los primeros trabajos de J. Olsacher incluida su visita a la Isla Decepción (Antártida) y E.M. Beltrán Casas, hay que tener en cuenta los estudios realizados por Carlos Gordillo y Andrés Lencinas especialmente sobre el volcanismo Cretácico de la serranía de Los Cóndores. Actualmente se destacan los trabajos de I. Petrinovic quien originalmente trabajaba en Salta y actualmente desarrolla su actividad sobre los Andes del Sur (Neuquén y Mendoza), intentando contribuir desde la ciencia básica con la exploración minera y geotérmica.

En la Universidad Nacional de Tucumán se destacan los trabajos de P. Grosse y F. Escalante, entre otros.

Un centro muy activo y uno de los primeros en Argentina en el desarrollo de estudios volcanológicos, es la Universidad Nacional de Salta, Instituto GEONORTE e IBIGEO (UNSa-CONICET). Muy conocido desde hace tiempo por la impartición del "Curso Internacional de Volcanología de Campo en los Andes Centrales" que lleva más de 26 ediciones y donde han participado cientos de jóvenes volcanólogos de todas partes del mundo, especialmente de Argentina y Latinoamérica. Asimismo, ha tenido activa participación en los estudios volcanológicos en la Isla Decepción, Antártida llevando a cabo el programa Vulcantar del Instituto Antártico Argentino por más de 10 años, cooperando con investigadores españoles e italianos como ya se ha referido anteriormente. El grupo mantiene estrechas relaciones de cooperación con diversos centros volcanológicos de Argentina, América y Europa. Colaboraciones frecuentes con Centroamérica, mediante programas de la OEA, se han llevado a cabo con Nicaragua, Costa Rica y Guatemala especialmente realizando trabajos conjuntos con Martha Navarro (INETER-Nicaragua), Guillermo Alvarado (Universidad de Costa Rica) y Gustavo Chigna (INSIVUMEH-Guatemala). Una colaboración especial con Italia se lleva a cabo desde hace varios años, sobre distintos aspectos del volcanismo de los Andes Centrales especialmente con investigadores de la Universidad Roma Tre tales como Guido Giordano y S. Corrado, con La Universidad de Bari con Roberto Sulpizio, con Universidad de Camerino C. Invernizzi, con Antonio Costa, (INGV) y con Antonio Colombi (Protección Civil) entre muchos otros.

Asimismo, este grupo participa activamente conjuntamente con la CONAE y el SMN, especialmente con la VAAC Buenos Aires dependiente de este último, en la detección temprana y seguimiento de erupciones volcánicas que pueden afectar Argentina como se describirá más adelante.

En ellos se han realizado numerosas tesis doctorales especialmente referidas al volcanismo de los Andes Centrales. Participan actualmente investigadores como José G. Viramonte, Raúl Becchio, M. Arnosio, Walter Báez, Agostina Chiodi, Emilce Bustos, Rubén Filipovich, A. Sola, A. Ortiz, Carolina Montero López, Natalia Salado-Paz, Mirta Quiroga, Néstor Suzaño, Florencia Reckziegel y numerosos becarios como Lorenzo Bardelli, Agustina Villagrán, Facundo Apaza, Esteban Bertea, Isaac Burgos, Olivia Arenas, Marcos Morfulis, Macarena Parra, Mercedes Cirer y Santiago Retamoso, entre otros.

En la Universidad Nacional de Jujuy la Dra. Beatriz Coira y su grupo de investigación han sido referentes del estudio del volcanismo Cenozoico y Paleozoico de los Andes Centrales por más de 5 décadas. Sus estudios de los sistemas volcánicos van desde los mecanismos eruptivos, geoquímica de sus magmas, hasta la interpretación de las condiciones geodinámicas al momento de su formación. Al mismo tiempo las investigaciones se han extendido al análisis del rol del volcanismo en la formación de sistemas hidrotermales actuales y fósiles y su relación con depósitos minerales y sistemas geotermales.

Dentro de sus colaboradores caben señalar en el área del volcanismo Cenozoico a P. J. Caffe; G. Rodríguez; M. Soler; D. Fracchia; A. Ramírez; G. Maro y A. Díaz. Asimismo, colaboraron con el grupo de investigación

en sus distintas especialidades S. Mahlburg Kay, (Cornell University); H.A. Ostera; H. O Panarello; C. Pomposiello (UBA); M. Koukharsky (UBA); R. Mon (UNT); G. Stangalino (Geotermia Andina); R. A. Seggiaro (SEGEMAR), J. Viramonte (UNSa), entre otros.

En el año 2009 en una importante reunión con representantes del CONICET, SEGEMAR, SMN, VAAC Buenos Aires, Cascos Blancos, CONAE y varias universidades nacionales, se presentó a las autoridades del sistema científico argentino que, ante la ausencia de un observatorio volcanológico en Argentina, se creara un sistema que pudiera dar respuesta a algunos aspectos del trabajo científico que hacía falta realizar y a diseñar canales y estrategias de gestión de los peligros volcánicos a escala nacional. Allí se discutió una iniciativa para constituir grupos de trabajo regionales, que aportarían al estudio y asesoramiento respecto al volcanismo activo en cada una de las zonas volcánicas del país, incluyendo la Antártida.

La erupción del Cordón Caulle en 2011 (Fig. 12) impactó severamente a muchas localidades importantes de la Patagonia norte, poniendo nuevamente de manifiesto la importancia de esta cuestión, que aún seguía desatendida. Surge entonces por parte del MINCYT y del Ministerio del Interior una iniciativa para canalizar las capacidades del sistema científico tecnológico nacional hacia la gestión de riesgos naturales, creando la denominada "Comisión de Riesgos". Esta iniciativa derivara finalmente que en octubre del año 2016 se sancione la Ley 27.287 que crea el Sistema Nacional de Gestión Integral del Riesgo y la Protección Civil (SINAGIR), bajo la órbita de la Jefatura de Gabinete de Ministros, cuyo objetivo es la gestión integral del riesgo de desastres.

Se establece a su vez la creación de una Red de Organismos Científico Técnicos para la Gestión del Riesgo de Desastres (Red GIRCyT), cuya función es atender los requerimientos de información del SINAGIR dando lugar finalmente a la creación del Observatorio Argentino de Vigilancia Volcánica (OAVV), un área especializada del SEGEMAR, cuyo objetivo es el estudio y monitoreo de los volcanes, cuya actividad pueda afectar nuestro territorio y que es dirigido actualmente por Sebastián García. En esa dependencia desarrollan sus actividades numerosas profesionales tales como Gabriela Badi, Augusto Casas, Julián Olivar (Sismología); Fabricio Carbajal, (Geoquímica); Pablo Forte, Nicolás Vigide, Gabriela Jara y Yazmin Yiries (Volcanología física); Víctor Preatoni; Víctor Ramos y Jerónimo Castellote (Instrumentación e Informática).

A la fecha, el OAVV es el observatorio volcánico más reciente de América Latina (Forte *et al.* 2021; García & Badi, 2021). Desde su creación, ha logrado establecer redes de monitoreo permanentes en seis de los 38 volcanes activos identificados en Argentina: los volcanes Copahue, Lanín y Domuyo en la provincia de Neuquén; el Complejo Volcánico Laguna del Maule, ubicado en la frontera entre Neuquén y Mendoza; el Complejo Volcánico Planchón-Peteroa en Mendoza y en la Isla Decepción en la Antártida. A su vez, se encuentra planificado para los próximos años continuar con la instalación de las redes de monitoreo de los volcanes San Jose, Tupungatito y Maipo en la provincia de Mendoza.

El SEGEMAR en el marco del SINAGIR, ha coordinado la mesa de Amenazas Volcánicas del Plan Nacional para la Reducción del Riesgo de Desastres (PNRRD 2018-2023) y es el coordinador de las actividades de la Red GIRCyT relacionadas a la actividad volcánica en Argentina, como máximo organismo referente del estado nacional en materia de evaluación y estudio de las amenazas volcánicas.

Dentro del SEGEMAR hay otras unidades dedicadas al estudio de volcanes: la Dirección de Geología Regional, dedicada al estudio estratigráfico y petrológico de los volcanes activos de la ZVS (Copahue, Planchón Peteroa, C V Laguna del Maule, Maipo) donde participa activamente P. Sruoga,

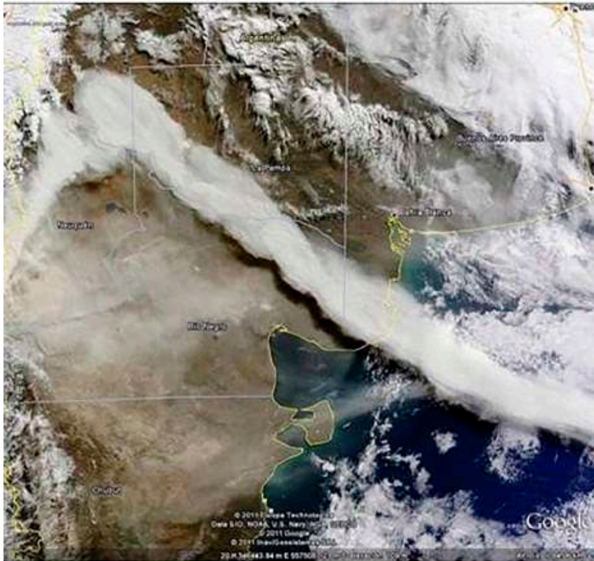




Figura 12. Complejo volcánico Puyehue Cordón Caulle, del 13 de junio de 2011 A) Dispersión de la pluma hacia territorio argentino y Océano Atlántico. B) Desarrollo de una gran pluma pliniana de gran altitud. Foto Fuerza Aérea de Chile.

brindando información para los mapas de peligrosidad que confecciona la Dirección de Geología Ambiental y Aplicada (DGAA) para la recreación de posibles escenarios eruptivos que realiza el OAVV. En la DGAA, donde trabajan M. Elissondo, J. Kaufman, E. Rovere, entre otros y cuya tarea principal es el análisis de la peligrosidad volcánica, desde el año 2007, en el marco del proyecto MAC:GAC y con la asistencia de Cathie Hickson, se trabaja en el Programa de Estudio de Amenazas Volcánicas. Este proyecto tomó impulso con las erupciones del Chaitén y principalmente con el Cordón Caulle. En Geomática, en el sector Sensores Remotos, donde desarrollan sus actividades S. Castro Godoy, F. D. Carballo, E. M. Wright M. Laura Pardo Duró, se realiza el seguimiento de los volcanes considerados activos de la República Argentina. A través del uso de diferentes técnicas utilizando tanto sensores activos como pasivos realizando el procesamiento de imágenes de radar de tipo SAR (Radar de Apertura Sintética), y analizando cada volcán con la técnica DInSAR (Interferometría Diferencial SAR) con diferentes intervalos temporales para identificar deformación. También se realiza series de tiempo SAR con la técnica SBAS para la detección de deformación, así como el cálculo de la velocidad y dirección de desplazamiento, como el seguimiento de anomalías térmicas de volcanes activos a través del cálculo de temperatura utilizando datos ASTER nocturnos, Landsat y Sentinel (sensores ópticos o pasivos).

Profesionales de la DGAA y DGR trabajaron conjuntamente durante la crisis del Cordón Caulle. A partir de este evento se realizaron estudios de peligrosidad e impacto llevándose adelante una serie de convenios con la Universidad de Ginebra, USGS y SERNAGEOMIN. Con este último se realizaron mapas de peligrosidad volcánica binacionales Chile-Argentina. Se presta especial atención al mapeo

geológico y geomorfológico focalizándose en la estratigrafía postglacial, con el objetivo de reconstruir la historia eruptiva durante dicho periodo, necesaria para evaluar la peligrosidad volcánica. Ambas direcciones (DGAA y DGR) definen los escenarios tanto para los mapas de peligrosidad a largo plazo como para los períodos de crisis. En la DGAA también se realiza la evaluación de riesgo volcánico a escala nacional, en colaboración con SMN, que sirve como base para la planificación de los diferentes proyectos dentro del SEGEMAR, tanto geológicos como de peligrosidad, monitoreo y seguimiento de volcanes activos. Es de destacar la confección del Ranking de Peligrosidad y Riesgo Relativo para Argentina y la instalación de estaciones multiparamétricas en cuatro volcanes activos.

Por último, hay que puntualizar la importante y esencial actividad que llevan adelante dos instituciones pioneras en la prevención y mitigación de riesgos naturales en Argentina, como lo son la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE) y su Instituto GULICH, en colaboración con la Universidad Nacional de Córdoba y el Servicio Meteorológico Nacional (SMN). La primera, es la que genera imágenes satelitales de distinto tipo (tanto propias como adquiridas por convenio con otras agencias similares del mundo), que son imprescindibles, primero para la detección casi inmediata de una erupción y luego esenciales para el seguimiento y control del desarrollo de las mismas. La Dra. Graciela Salmuni fue una de las primeras en utilizar distinto tipo de imágenes, así como aplicar y desarrollar diversas técnicas para ello. Guillermo Toyos y Alvaro Soldano asimismo han participado activamente en distintas actividades de diversos proyectos para la detección y seguimientos de erupciones volcánicas.

Desde el año 1998 la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) ha reconocido la necesidad de mantener informados a los pilotos de aeronaves de los peligros volcánicos. Para ello, se han creado a escala global nueve centros de avisos de ceniza volcánica (VAAC). 1. Anchorage (Estados Unidos) 2. Buenos Aires (Argentina) 3. Darwin (Australia) 4. Londres (Reino Unido) 5. Montreal (Canadá) 6. Tokyo (Japón) 7. Toulouse (Francia) 8. Washington (Estados Unidos) 9. Wellington (Nueva Zelandia).

Cada centro tiene la responsabilidad de supervisar la presencia de cenizas volcánicas en su espacio aéreo asignado y de proporcionar avisos (VAA) ante la ocurrencia de un evento volcánico.

El Servicio Meteorológico Nacional de la Argentina es responsable de la VAAC Buenos Aires, cuya área de cobertura es 90W-10W; 10S-90S e incluye parte de Perú, parte de Bolivia, Chile, parte de Brasil, Argentina, Antártica e Islas del Atlántico Sur, Farias & Collini (2016). En el Servicio Meteorológico Nacional han sido esenciales en estos temas la actividad de Estela Collini, María Soledad Osores, Juan Augusto Diaz, entre varios otros.

Por último, no podemos olvidar a los vulcanólogos argentinos que han desempeñado o desempeñan funciones en organizaciones relacionadas con la vulcanología o en la creación de las mismas. Corina Risso, Gustavo Villarosa e Iván Petrinovic han sido presidentes del Comité Nacional Argentino de la International Association on Volcanology and Chemistry of Earth Interior (IAVCEI). José Viramonte ha sido uno de los creadores de la Asociación Latinoamericana de Vulcanología, ALVO, así como su presidente y vicepresidente. También ha sido miembro del Comité Ejecutivo de la IAVCEI.

CONCLUSIONES

En Argentina la Volcanología ha tenido sus inicios en trabajos llevados a cabo por geólogos pioneros en este campo tales como E. Kittl y P Groeber, más recientemente M. Teruggi, F. Gonzalez Bonorino y J. Olsacher que, aunque actualmente no podrían ser catalogados estrictamente como volcanológicos, sin duda fueron los primeros pasos y sin ninguna duda marcaron el camino a seguir.

Posiblemente debido al impacto de distintas erupciones recientes que han

afectado fuertemente a la Argentina tales como las Hudson, 1991; Láscar, 1993; Llaima 2007, Chaitén, 2008; Planchón-Peteroa, 1991, 2011 y 2018-2019; Cordón Caulle, 2011, 2015; Copahue, 2012 y Calbuco, 2015, afortunadamente se ha despertado un gran interés sobre el tema, fundamentalmente para mitigar sus efectos, preparar adecuadamente a la población, ajustar los procedimientos para mitigar el riesgo volcánico y mejorar la seguridad del tráfico aéreo, así como visualizar el potencial del volcanismo para la generación de energía geotérmica

Por otro lado, en el año 2016 se sancionó la Ley 27.287 que crea el Sistema Nacional de Gestión Integral del Riesgo y la Protección Civil (SINAGIR), estableciéndose a su vez la creación de una Red de Organismos Científico Técnicos para la Gestión del Riesgo de Desastres (Red GIRCyT), cuya función es atender los requerimientos de información del SINAGIR dando lugar finalmente a la creación del Observatorio Argentino de Vigilancia Volcánica (OAVV), un área especializada del SEGEMAR como ya se ha referido anteriormente y que constituye un gran paso adelante en la prevención y mitigación del riesgo volcánico en Argentina.

De esta manera numerosos grupos de investigación dispersos a lo ancho y a lo largo del país, como distintas Instituciones como CONAE, SMN, SEGEMAR, desarrollan permanentemente, tanto estudios volcanológicos específicos sobre diversos volcanes, así como tareas de monitoreo y seguimiento tanto de la actividad sísmica relacionada al volcanismo, como a la geoquímica de gases, dispersión de nubes de cenizas, estudios del potencial geotérmico, etc. realizando cuantiosas colaboraciones entre ellos, así como con distintos grupos del exterior.

Ello permite que actualmente la Argentina este mucho mejor preparada, no solo para visualizar anticipadamente una posible erupción, sino fundamentalmente para mitigar eficazmente los efectos de la misma una vez producida, tanto sobre la población, como en los bienes y servicios afectados y en la aeronavegación.

REFERENCIAS

Allmendinger, R. W., Jordan, T. E., Kay, S. M., & Isacks, B. L. (1997). The evolution of the Altiplano Puna Plateau of the Central Andes. Annual Review of Earth and Planetary Sciences, 25(1), 139-174. https://doi.org/10.1146/annurev.earth.25.1.139

Alonso Núñez, M. C., & Marín Tello, M. I. (2009). Impacto social y económico de la erupción del volcán Jorullo, Michoacán, 1759. Tzintzun. Revista de Estudios Históricos, 49, 53-78.

Alonso de Ovalle (1646). Histórica relación del Reyno de Chile y de las misiones y ministerios que exercita en la Compañía de Jesus, Roma.

Aguilera, F., Medina, E., Viramonte, J. G., Guzmán, K., Becchio, R., Delgado, H., & Arnosio, M. (2006a). Recent eruptive activity from Lascar Volcano (2006). X Congreso Geológico Chileno, Actas II, 393-396, Antofagasta, Chile.

Aguilera, F., Medina, E., Viramonte, J. G., Guzmán, K., Becchio, R., Delgado, H., & Arnosio, M. (2006b). Eruptive activity from Lascar Volcano (2003-2005). X Congreso Geológico Chileno, Actas II, 397-400, Antofagasta, Chile.

Aparicio, A., Risso, C., Viramonte, J. G., Menegatti, N., & Petrinovic, I. (1997). El volcanismo de Isla Decepción (Península Antártica). Boletín Geológico y Minero, 108(3), 235-258. http://hdl.handle.net/10261/4936

Báez, W., Bustos, E., Chiodi, A. L., Reckziegel, F., Arnosio, M., de Silva, S., Giordano, G., Viramonte, J. G., Sampietro Vattuone, M. M., & Peña Monné, J. L. (2020). Style and flow dynamics of the pyroclastic density currents related to the Holocene Cerro Blanco eruption (Southern Puna Plateau, Argentina). Journal of South American Earth Sciences, 98, 102482. https://doi.org/10.1016/j.jsames.2019.102482

Barreiro, A. (1929). El viaje científico de Conrado y Cristián Heuland a Chile y Perú organizado por el Gobierno español en 1795. Publicaciones de la Real Sociedad Geográfica, 134 p. Madrid, España.

Bastías, C. A., Charrier, R., Millacura, C. V., Aguirre, L., Hervé, F., & Farías, M. A. (2021). Influence of geological processes in the cosmovision of the Mapuche native people in south central Chile. Earth Sciences History, 40(2), 581-606. https://doi.org/10.17704/1944-6187-40.2.581

Bodenbender, G. (1889). Expedición al Neuquén. Boletín del Instituto Geográfico Argentino, 10, 311-329. Buenos Aires, Argentina.

Bustos, E., Báez, W., Arnosio, M., & Viramonte, J. G. (2016). El volcanismo cenozoico de la Puna. Relatorio XI Congreso Argentino de Geología Económica, 44-91. Salta, Argentina.

Caselli, A. T., Vélez, M. L., Forte, P. B., Albite, J. M., & Daga, R. B. (2013). Erupción del volcán Copahue (Argentina): Evolución, productos e impacto social y ambiental. Foro Internacional de Peligros Volcánicos, 104-109. Arequipa, Perú.

Ceruti, M. C. (2012). Los Niños del Llullaillaco y otras momias andinas: Salud, folclore, identidad. Scripta Ethnologica, 34, 89-104. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Buenos Aires, Argentina.

Coira, B., Mahlburg Kay, S., & Viramonte, J. G. (1993). Upper Cenozoic magmatic evolution of the Argentine Puna: A model for changing subduction geometry. International Geology Review, 35(8), 677-720. https://doi.g/10.1080/00206819309465552

Collini, E., Osores, M. S., Folch, A., Viramonte, J. G., Villarosa, G., & Salmuni, G. (2013). Volcanic ash forecast during the June (2011). Cordon Caulle eruption. Natural Hazards, 66(2), 389-412. https://doi.org/10.1007/s11069-012-0492-y

Déruelle, B., Medina, E. T., Figueroa, O. A., Maragaño, M. C., & Viramonte, J. G. (1995). The recent eruption of Lascar volcano (Atacama-Chile, April 1993): Petrological and volcanological relationships. Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Series IIa, 321, 377-384.

Déruelle, B., Figueroa, O. A., Medina, E. T., Viramonte, J. G., & Maragaño, M. C. (1996). Petrology of pumices of April (1993) eruption of Lascar (Atacama, Chile). Terra Nova, 8(3), 191-199. Wiley Blackwell. https://doi.org/10.1111/j.1365-3121.1996.tb00744.x

de Silva, S. (1989). Altiplano-Puna volcanic complex of the central Andes. Geology, 17(12), 1102-1106. https://doi.org/10.1130/0091-7613(1989)017<1102:APVCOT>2.3.CO;2

de Silva, S., & Zielinski, G. (1998). Global influence of the AD 1600 eruption of Huaynaputina, Peru. Nature, 393, 455-458. https://doi.org/10.1038/30948

de Silva, S., Zandt, G., Trumbull, R., & Viramonte, J. G. (2006). Large scale silicic volcanism-The result of thermal maturation of the crust. Advances in Geosciences, 13 (1), 215-230. WSPC/SPI, Series on Volcanology (chap. 21). https://doi.org/10.1130/0091-7613(1989)017<1102:APVCOT>2.3.CO;2

Durant, A. J., Villarosa, G., Rose, W. I., Delmelle, P., Prata, A. J., & Viramonte, J. G. (2012). Long range volcanic ash transport and fallout during the 2008 eruption of Chaitén volcano, Chile. Physics and Chemistry of the Earth, (45-46), 50–64. https://doi.org/10.1016/j.pce.2011.09.004

Falkner, T. (1774). Description of Patagonia. Hereford, Londres.

Farias, C., & Collini, E. (2016). Base de datos para la VAAC VORHISE: Volcanes de la región y su historia eruptiva. Servicio Meteorológico Nacional de Argentina, 39-44. https://repositorio.smn.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12160/404/9-%20Volcanes%20de%20la%20regi%C3%B3n.pdf?sequence=3

Fernández de Oviedo y Valdes, G. (1851). Historia general y natural de las Indias, islas y tierra-firme del mar océano. Primera parte. Biblioteca Virtual Miguel de Cervantes. https://www.cervantesvirtual.com/nd/ark:/59851/bmc668b5

Folch, A., Jorba, O., & Viramonte, J. G. (2008). Volcanic ash forecast: Application to the May 2008 Chaitén eruption. Natural Hazards and Earth System Sciences, 8, 927-940. https://doi.org/10.5194/nhess-8-927-2008

Fourcade, N. H. (1960). Estudio petrográfico de las rocas de Caleta Potter Isla 25 de Mayo, Islas Shetland Del Sur. Publicaciones del Instituto Antártico Argentino (IAA Nº 8), 119 pp.

Forte, P., Rodríguez, L., Jácome Paz, M. P., Caballero García, L. C., Alpízar Segura, Y. A., Bustos, E., Moya, C. P., Espinoza, E., Vallejo, S., & Agusto, M. (2021). Volcano monitoring in Latin America: Taking a step forward [Preface]. Volcanica, 4(S1), vii–xxxiii. https://doi.org/10.30909/vol.04.S1.viixxxiii

Francis, P. W., O'Callaghan, L., Kretzschmar, G. A., Thorpe, R. S., Sparks, R. S. J., Page, R. N., de Barrio, R. E., Gillou, G., & Gonzalez, O. E. (1983). The Cerro Galán ignimbrite. Nature, 301(5895), 51-53. https://doi.org/10.1038/301051a0

Fuenzalida, V. H. (1941). Distribución de los volcanes del grupo de los Descabezados. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural, 9, 19-30.

Gay, C. (1844-1871). Historia física y política de Chile: Según documentos adquiridos en esta república durante doce años de residencia en ella (Vols. 1-XVI). Imprenta E. Thunot y Ca., Museo de Historia Natural de Santiago, París, Francia.

García, S., & Badi, G. (2021). Towards the development of the first permanent volcano observatory in Argentina. Volcanica, 4(S1), pp. 21-48. https://doi.org/10.30909/vol.04.S1.2148

Gardeweg, P. M., & Ramírez, C. F. (1987). The La Pacana Caldera and the Atana ignimbrite:

A major ash-flow and resurgent caldera complex in the Andes of northern Chile. Bulletin of Volcanology, 49, 547–566. https://doi.org/10.1007/BF01080449

González Bonorino, F. (1944). Nota sobre la presencia de ignimbritas en la Argentina. Notas del Museo de La Plata, Geología, 9 (35), 577-590, La Plata.

González Bonorino, F., & Teruggi, M. E. (1952). Léxico sedimentológico (Pról. A. E. Riggi). Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia, 164 pp.

González Ferrán, O. (1995). Volcanes de Chile. Instituto Geográfico Militar, 640 pp.

Groeber, P., & Corti, H. (1920). Estudio geológico de las termas de Copahue. Estudio químico preliminar de las muestras de aguas recogidas en el terreno. Dirección General de Minas, Serie F, Informes Preliminares y Comunicaciones, Boletín 3: 1-20, Buenos Aires.

Groeber, P. (1938). Mineralogía y geología. Espasa Calpe Argentina S.A., Buenos Aires-México.

Groeber, P., & Perazzo, R. J. (1941). Captación y aprovechamiento de las aguas y fuentes de Copahue. Ministerio de Agricultura, Dirección de Parques Nacionales, Reserva Nacional Copahue, 1, 1–56. Buenos Aires, Argentina.

Guaman Poma de Ayala, F. (1615-1980). (1980). Nueva crónica y buen gobierno (J. V. Murra & R. Adorno (Eds.). Traducciones y análisis textual del quechua por J. L. Urioste. 3 Vols. México D. F. Siglo XXI Editores.

Guest, J. E. (1969). Upper Tertiary ignimbrites in the Andean Cordillera of part of the Antofagasta Province of northern Chile. Geological Society of America Bulletin, 80, 337-362. https://doi.org/10.1130/0016-7606(1969)80[337:UTIITA]2.0.CO;2

Hildreth, W., & Drake, R. E. (1992). Volcán Quizapu, Chilean Andes. Bulletin of Volcanology, 54, 93-125. https://doi.org/10.1007/BF00278002

Humboldt, A. (2003). Ascenso al volcán Jorullo. En Alejandro de Humboldt, Una nueva visión del mundo (pp. 113–121). México: CONACULTA y UNAM.

Hurtado Torres, L. (2008). Infierno en el paraíso: Nacimiento y evolución del volcán El Jorullo. Morelia: Fondo Editorial Morevallado. 108 pp.

Kappelman, J., Todd, L. C., Davis, C. A., Cerling, T. E., Feseha, M., Getahun, A., Yanny, S. (2024). Adaptive foraging behaviours in the Horn of Africa during Toba supereruption. Nature, 628(8007), 365-372. https://doi.org/10.1038/s41586-024-07208-3

Keidel, J. (1934). Los volcanes gemelos de La Poma y su relación con la tectónica del valle Calchaquí. Revista del Museo de La Plata, 34, 387-410.

Kittl, E. (1933). Estudio sobre los fenómenos volcánicos y material caído durante la erupción del grupo del "Descabezado" en el mes de abril de 1932. Anales del Museo Nacional de Historia Natural, 37, 321-364.

Kittl, E. (1944). Estudios geológicos y petrográficos sobre los volcanes de la región cordillerana del sur de Mendoza y del grupo del Descabezado (Publicación de Mineralogía y Petrografía N.º 16, 52 pp.). Museo Argentino de Ciencias Naturales.

Llambias, E. (2009). Volcanes: nacimiento, estructura, dinámica. Buenos Aires: Vázquez Mazzini Editores. 144 pp.

Maksimov, A. P. (2008). A physicochemical model for deep degassing of water-rich magma. Journal of Volcanology and Seismology, 2(5), 356-363. https://doi.org/10.1134/S0742046308050059

Mazzoni, M. M. (1986). Procesos y depósitos piroclásticos. Asociación Geológica Argentina, Serie B N° 14. Asociación Geológica Argentina

Morelos Rodríguez, L. (2009). Reseña de "Infierno en el paraíso. Nacimiento y evolución del volcán El Jorullo" de L. Hurtado Torres. Investigaciones Geográficas (México), (68), 143-145. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=56912236013

Morelos Rodríguez, L. (2022). El Parícutin en 100 imágenes. Historia gráfica del nacimiento del volcán más joven de América (edición electrónica). Colección Ensayos y Miradas.

Murillo, G. (1943). Cómo nace y crece un volcán: el Paricutín. 28 pp. Edición rústica (paperback).

Oppenheimer, C. (2011). Eruptions that Shook the World. Cambridge University Press.

Oppenheimer, C. (2023). Mountains of Fire: The Secret Lives of Volcanoes. Londres: Hutchinson Heinemann.

Ortiz, R., Vila, J., García, A., Diez, J. L., Aparicio, A., Soto, R., Viramonte, J. G., Risso, C., & Petrinovic, I. (1992). Geophysical features of Deception Island. En Y. Yoshida *et al.* (Eds.), Recent Progress in Antarctic Earth Sciences (pp 443-448). Terra Publishing, Tokyo.

Osores, M. S., Folch, A., Collini, E., Villarosa, G., Durant, A., Pujol, G., & Viramonte, J. G. (2013). Validation of the FALL3D model for the 2008 Chaitén eruption using field and satellite data. Andean Geology, 40(2), 262–276. https://doi.org/10.5027/andgeoV40n2-a05

Ovalle, A. (1646). Histórica relación del Reyno de Chile y de las misiones y ministerios que exercita en él la Compañía de Jesús. Roma: Francisco Cavallo, 455 p. https://www.memoriachilena.gob.cl/602/w3-article-8380.html

Perdiguero, C. (1984). Antología del Cerro San Bernardo. Salta, Argentina: Fundación Carmen Rosa Ulivarri de Etchart. pp. 203-204.

Poma de Ayala, G. F. (2008). Nueva corónica y buen gobierno. Tomo III. Fondo de Cultura Económica. México.

Ramos, V., & Alonso, R. N. (2018). Tadeo Haenke: primer naturalista del Virreinato del Río de la Plata. Anales de la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 70, 117-146.

Rittmann, A. (1933). Die geologisch bedingte Evolution und Differentiation des Somma-Vesuvmagmas. Zeitschrift für Vulkanologie, 15(1/2), 8-94.

Rittmann, A. (1951). Orogénèse et vulcanismo. Archivos de Ciencias, (4-5), 273-314. Ginebra.

Romero, C. (2019). Influencia de la erupción del volcán Huaynaputina en el clima local y regional a través de registros geoquímicos de paleoclima (Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú).

Salgado, P. A. (s.f.). Las múltiples dimensiones del fenómeno volcánico en la Patagonia Norte: Aportes científicos interdisciplinarios del Grupo GEA para el estudio de la erupción del Cordón Caulle. En S. Murriello & G. B. García (Comp.). A diez años de la erupción del Puyehue-Cordón Caulle. Bariloche: Editorial UNRN.

Self, S., & Blake, S. (2008). Consequences of explosive supereruptions. Elements, 4(1), 41-46. https://doi.org/10.2113/GSELEMENTS.4.1.41

Sruoga, P. (2016). Volcanología. En I. Podgorny et al. (Eds.), Diccionario Histórico de las Ciencias de la Tierra en la Argentina (pp. 385-389). La Plata: Archivo Histórico del Museo de La Plata.

Sruoga, P. (2021). La volcanología en Argentina: Desarrollo y desafíos. Un ejemplo para destacar: Complejo Volcánico Laguna del Maule, Chile. Boletín Brackebuschiano. Geociencias y Sociedad, 4, 385-389. Asociación Geológica Argentina.

Teruggi, M. E. (1950). Las rocas eruptivas al microscopio: Su sistemática y su nomenclatura (Serie Instituto Nacional de Investigación de las Ciencias Naturales, Publicación de extensión cultural y didáctica, Nº 5). Casa Editora CONI.

Teruggi, M. E., Mazzoni, M. M., Spaletti, L. A., & Amdreis, R. R. (1978). Rocas piroclásticas: interpretación y sistemática. Asociación Geológica Argentina. Publicación Especial, 5, 1-45.

Tilling, R. I. (2009). Volcanism and associated hazards: The Andean perspective. Advances in Geosciences, 22, 125-137. https://doi.org/10.5194/adgeo-22-125-2009

Viramonte, J. G., Sureda, R. J., Bossi, G. E., Fourcade, N. H., & Omarini, R. H. (1974). Geochemical and mineralogical study of the high-temperature fumaroles from Deception Island, South Shetland, Antarctica. En Proceedings of the International Symposium on Volcanology (Bull. Volcanologique Special Issue); IAVCEI, Nápoles, Italia .

Viramonte, J. G., Seggiaro, R. E., Becchio, R. A., & Petrinovic, I. A. (1994). Erupción del volcán Lascar, Chile, Andes Centrales, abril de 1993. IV Reunión Internacional del Volcán de Colima Acta I, 149-151. Colima, México.

Viramonte, J. G., Castro Godoy, S., Arnosio, J. M., Becchio, R., & Poodts, M. (2005). El campo geotermal de la caldera de Cerro Blanco: Utilización de imágenes ASTER. XXI Congreso Geológico Argentino, Acta II, 505-512. La Plata.

Viramonte, J. G., & Incer Barquero, J. (2008). Masaya, the "Mouth of Hell", Nicaragua: Volcanological interpretation of the myths, legends and anecdotes. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 176(3), 419–426. https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2008.01.038

Viramonte, J. G. (2013). Utilización del modelo WRF/ARW–Fall3D para el pronóstico de dispersión de cenizas durante la erupción de 2011 del Cordón Caulle. Pyroclastic Flow: Journal of Geology, 2(2, edición especial), 27-30. Chile.

Wes, H., & Drake, R. E. (1992). Volcán Quizapu, Chilean Andes. Bulletin of Volcanology 54 (2): 93-125. https://doi.org/10.1007/BF00278002

Zanardi, I. (1992). Realidad y ficción de la caída de ceniza en La Pampa: experiencia didáctica (133 pp.). General Pico, La Pampa, Argentina.